

ESTIMATIVA DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE SOLO SATURADO EM ARGISSOLOS POR MEIO DE MODELOS GLOBAIS SIMPLES

VERIDIANA ROCKENBACH GARCIA NOGUEZ CAMARGO¹; SAMANTA
TOLENTINO CECCONELLO²; LUANA NUNES CENTENO³

^{1,2}*Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Câmpus Pelotas – veridianarockenbach@gmail.com¹;*
samantacecconello@ifusl.edu.br²; ³*Universidade Federal de Pelotas – luananunescenteno@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

A gestão adequada dos recursos hídricos subterrâneos, especialmente a recarga de aquíferos, está relacionada, dentre outras, a condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) (NUNES, 2019). Pois a Ksat é um parâmetro crítico que determina a resistência ou facilidade com que a água pode se mover através do perfil de solo saturado (CENTENO et al., 2021). O que influencia a quantidade de água armazenada e disponibilizada para os aquíferos. Esta disponibilidade em muitas regiões é essencial para garantir uma fonte vital de água subterrânea para uso humano, agrícola e industrial (SERAPHIM; BEZERRA, 2019).

Nesse sentido, os Argissolos assumem uma importância significativa, já que constituem uma classe de solo amplamente presente em áreas agrícolas, tanto no Brasil quanto em várias regiões do mundo (PEREIRA, 2019). Esses solos, caracterizados por serem predominantemente ácidos, moderadamente intemperizados, que apresentam um horizonte B textural e de baixa fertilidade natural, demonstram uma considerável variabilidade em diversos atributos do solo, dentre eles a Ksat (NUNES, 2019). Esta variabilidade, por sua vez, depende de fatores como: a textura do solo, o teor de matéria orgânica e a estrutura do solo (AMARAL et al., 2020).

Além disso, a Ksat pode ser influenciada por práticas agrícolas, como o manejo de irrigação, o uso de fertilizantes e a aplicação de agroquímicos (CENTENO et al., 2021). Portanto, para compreender a dinâmica da água no solo e sua disponibilidade para os aquíferos em Argissolos, é crucial obter uma estimativa adequada da Ksat (ROCHA et al., 2019). Essa estimativa pode ser realizada através de diferentes técnicas, incluindo a medida indireta e direta de campo (LEITE et al., 2020). A medida direta de campo é a técnica comumente utilizada para estimar a Ksat, mas apresenta algumas limitações, como custo elevado, demora e necessidade de equipamentos especializados e expertise técnica (VELOSO, 2021). Para superar essas limitações, uma alternativa econômica é o uso de modelos estatísticos baseados em regressão linear simples para estimar a Ksat em Argissolos (VIDALETTI, 2022).

Essa técnica estatística permite estimar a relação linear entre a Ksat e outras variáveis independentes, como textura do solo, teor de matéria orgânica, porosidade do solo e outras características do solo e do ambiente (CHANG, 2022). Porém, a escolha adequada das variáveis independentes é um dos fatores-chaves na estimativa e deve estar fundamentada em conhecimentos prévios sobre os fatores que afetam a Ksat em Argissolos (BERNARDO, 2022). Uma vez estabelecido o modelo de regressão linear simples, que apresenta um desempenho satisfatório, é possível utilizar esse modelo para estimar a Ksat em locais onde não há medições diretas disponíveis (RAMOS; SILVEIRA; MAIA, 2022). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é estimar a condutividade hidráulica do solo saturado em Argissolos por meio de modelos globais simples.

2. METODOLOGIA

Foi utilizado dados de 28 perfis de solo Argissolos, encontrados no território brasileiro, contidos no banco de dados HYBRAS (*Hydrophysical database for Brazilian soils*). Deste banco de dados foram escolhidos sete atributos que não apresentaram falhas amostrais nas informações para o horizonte B das classes de Argissolos, sendo estes: condutividade hidráulica do solo saturado, argila, silte, densidade do solo, porosidade total, carbono orgânico e elevação. Primeiro, foi aplicado teste de aderência, para verificar a normalidade de cada conjunto de dados. Para a geração dos cenários foram empregados modelos globais simples, abrangendo todas combinações e dimensões aceitáveis baseadas em atributos existentes, de forma a chegar nos melhores cenários.

Utilizou-se a Ksat como atributo dependente, por ser essencial para evidenciar a dificuldade ou facilidade com que a água se move no perfil do solo. Já os atributos independentes, foram selecionados os que apresentaram o menor número de falhas amostrais, para auxiliar na predição dos modelos globais gerados e que tivessem de acordo com a literatura relação direta com a Ksat. Para analisar o ajuste dos modelos gerados foi empregado o coeficiente de determinação R², sendo que quanto maior o valor de R², melhor será o ajuste do modelo. Ressalta-se por fim, que todos os procedimentos estatísticos foram efetuados na planilha eletrônica do EXCEL®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa da condutividade hidráulica do solo saturado contendo todos os cenários testados estão apresentados na Tabela 1. Sendo que o melhor cenário está destacado em negrito. Por meio do coeficiente R², podemos observar que os atributos do solo selecionados foram importantes na explicação da Ksat.

Tabela 1: Modelos globais para a estimativa da Ksat através de atributos do solo

Cenário 1: 1 variável	R ²
Ksat = 0,501 + 0,899*Argila	0,579
Ksat = 0,406 + 0,657*Silte	0,688
Ksat = 0,532 + 0,622*Ds	0,767
Ksat = 0,405 + 0,687*PT	0,384
Ksat = 0,357 + 0,928*CO	0,748
Ksat = 0,354 + 1,895*Elev	0,631

Argila; Silte; Ksat=Condutividade Hidráulica de Solo Saturado; Ds=Densidade do Solo; PT=Porosidade Total; CO=Carbono Orgânico; Elev=Elevação.

Entre as variáveis unitárias consideradas, a densidade do solo apresentou o melhor desempenho, explicando 76,7% da variabilidade da Ksat. Isso descreve um comportamento conhecido, de que quanto maior a densidade do solo, menor é a Ksat (CHEN et al., 2021). Pois, uma alta densidade do solo resulta em uma maior compactação, o que diminui a capacidade de infiltração de água e, consequentemente, reduz a Ksat (WEBER et al., 2017).

Como segunda melhor variável, tem-se o carbono orgânico do solo que obteve um desempenho de 74,8%. Nesse caso, uma alta concentração de carbono orgânico no solo está associada a uma maior Ksat (FERRAZ, 2021). Pois o carbono orgânico melhora a estrutura do solo, aumentando a porosidade e a capacidade de retenção de água, o que facilita a infiltração (MENDES, 2022).

Já o pior resultado foi observado quando utilizando a porosidade total do solo, com uma explicação de apenas 38,4% da Ksat. Mesmo uma alta porosidade total

normalmente indicando uma boa capacidade de infiltração de água, outros fatores, como a distribuição e o tamanho dos poros, podem influenciar a Ksat (Li et al., 2019). Portanto, a porosidade total do solo sozinha pode não ser um preditor tão forte da Ksat como a densidade do solo ou o carbono orgânico.

4. CONCLUSÕES

A análise de diferentes atributos do solo na estimativa da condutividade hidráulica do solo saturado, em Argissolos, mostrou que quando analisando apenas um atributo, a densidade do solo apresentou o melhor ajuste. Destaca-se, entretanto, que este é apenas um estudo inicial para a estimativa da Ksat, e que para se ter uma melhor compreensão deste atributo físico-hídrico do solo análises de séries temporais e espaciais robustas precisam ser aplicadas em um banco de dados mais completo que abranja uma maior parte do território brasileiro.

Agradecimentos

Os autores deste estudo, gostariam de agradecer a Pró-reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-graduação (PROPESP) do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Pelotas, pelo apoio e estrutura no projeto de pesquisa cadastrado na PROPESP: PE10220822/116.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, Eufra Ferreira do *et al.* Relações solo-paisagem na fazenda experimental Catuaba. **Fazenda Experimental Catuaba: O seringal que virou laboratório-vivo em uma paisagem fragmentada no Acre**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 120-142, dez. 2020.
- BERNARDO, Ilgner Pereira. **Variação da condutividade hidráulica saturada sob cobertura de floresta secundária inicial e herbácea-arbustiva: subsídios à compreensão dos mecanismos deflagradores dos movimentos gravitacionais de massa**, Nova Friburgo/RJ. 2022. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.
- CENTENO, Luana Nunes *et al.* Modelo de decomposição empírico bidimensional, na extração de variações específicas intrínsecas, em escala e localização, entre a condutividade hidráulica do solo saturado e atributos do solo. **In: Encontro de pós-graduação**, 2021, Pelotas. Congresso. Pelotas: UFPEL, 2021. p. 1-4. Disponível em: https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2021/CA_03173.pdf. Acesso em: 13 set. 2022.
- CHANG, Pablo. **Modelagem matemática do escoamento superficial sob o efeito da cobertura vegetal em um Latossolo argiloso**. 2022. 159 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2022.
- CHEN, Xiaohong *et al.* Efficacy and safety of diazoxide for treating hyperinsulinemic hypoglycemia: a systematic review and meta-analysis. **Plos One**, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 1-11, 11 fev. 2021.
- FERRAZ, Karin da Costa Ribeiro. **Uso agrícola de soro de leite: efeitos no solo, na emissão de CO₂, na biomassa microbiana do solo e na produção vegetal**. 2021. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

LEITE, Paula Cristina Pinto *et al.* A importância da inventariação dos recursos hídricos subterrâneos: o caso da freguesia de Meinedo, Lousada. **Revista de Ambiente e Sociedade**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 48-67, nov. 2020.

LI, Shanshan *et al.* Quantitative assessment of the relative impacts of climate change and human activity on flood susceptibility based on a cloud model. **Journal of Hydrology**, [S.L.], v. 588, n. 1, p. 1-14, set. 2020.

MENDES, Cindy Fernandes. **Atributos físicos, químicos e biológicos de um solo sob processo de reciclagem de resíduos orgânicos domésticos**. 2022. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2022.

NUNES, Rômulo Félix. **Funções de pedotransferência na caracterização da distribuição espacial da condutividade hidráulica do solo saturado**. 2019. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

OTTONI, Marta Vasconcelos *et al.* Hydrophysical Database for Brazilian Soils (HYBRAS) and Pedotransfer Functions for Water Retention. **Vadose Zone Journal**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 1-17, jan. 2018.

PEREIRA, Michele Fernandes. **Estudo da disponibilidade de fósforo através dos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e Olsen com uso de fertilizantes em argissolo e latossolo da Amazônia Central**. 2019. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Química, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

RAMOS, Pâmila Nayana Ferreira; SILVEIRA, Omar Roberto da; MAIA, João Carlos de Souza. Determinação da análise de regressão linear simples para explicar a influência dos atributos físicos do solo na produção do algodão. **Research, Society and Development**, [S.L.], v. 11, n. 8, p. 1-17, 19 jun. 2022.

SERAPHIM, Ana Paula Albuquerque Campos Costalonga; BEZERRA, Maria do Carmo de Lima. Identificação de áreas de recarga de aquíferos e suas interfaces com áreas propícias à urbanização. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, [S.L.], v. 1, n. 23, p. 68-83, 8 jul. 2019.

ROCHA, Rodrigo Esteves *et al.* Variações espaciais na condutividade hidráulica do solo em área de recarga do Sistema Aquífero Guarani. **Revista do Instituto Geológico**, [S.L.], v. 40, n. 2, p. 35-51, 1 out. 2019.

VELOSO, Mariana Faria. **Desenvolvimento de funções de pedotransferência para estimativa de propriedades físico-hídricas do solo do bioma cerrado**. 2021. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

VIDALETTI, Vitória Fenilli. **Impacto da cobertura do solo, declividade e precipitação na infiltração de água no solo e escoamento de água e sedimentos**. 2022. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2022.

WEBER, Jerzy *et al.* Reprint of "Properties of soil materials derived from fly ash 11 years after revegetation of post-mining excavation". **Catena**, [S.L.], v. 148, p. 35-39, jan. 2017.